

スマトラ沖地震の経済被害評価

鳥取大学 正会員 小池 淳司
鳥取大学大学院 学生会員〇 大田 垣 聡

1. はじめに

昨年発生したスマトラ沖地震では地震による被害に加え津波による甚大な被害が報告されている。これらの被害には直接的な人的被害に加え長期的な経済的被害による被害の拡大が懸念されている。特に経済的被害は、被災国経済だけに留まらず、広く世界各地に拡大していると考えられている。しかしながら、その経済的被害を直接的に計測することは困難である。そこで、本研究では空間応用一般均衡分析を用いてスマトラ沖地震の経済被害を評価する手法の提案と実証分析を実施することを目的としている。

空間的応用一般均衡モデルを用いて経済的被害を定量化するためには、①どのようなフレームのモデルを用いるか②被害状況を表現する変数をどのように設定するか③どのようなデータセットを用いるのか④被害の想定シナリオをどのように設定するのかといった課題がある。その後、実証研究を通じて経済被害額を定量的に評価することとなる。本研究では、各国の経済が内生的の交易量を通じて繋がっている空間的応用一般均衡モデルを用い、被害状況は被災国の経済に対して、物的被害による①生産効率性の低下および②資本ストックの減少、人的被害による③労働初期保有量の減少をモデル化する。また、アジア経済研究所作成の1995年10地域間産業連関表を用いて実証分析を行う。

2. 空間的応用一般均衡モデルの概要

社会経済モデルの構築に際し、以下の仮定を設ける。

- (1) 1国から構成される経済空間を考える。
- (2) 各国には1個のアクティビティベースの企業と代表的家計が存在する。
- (3) 財市場は地域に開放されているのに対し、生産要素市場は地域内で閉じている。
- (4) 各財はArmington仮説を前提としている。
- (5) 社会経済は完全競争下の長期的均衡状態にある。

3. 企業の行動モデル

I 国に立地し j 財を生産する企業は、自地域と他地域で生産された中間投入財と労働、資本により構成される生産要素を用いネスティド CES 型の生産構造の生産技術を用いて財を生産するとする。以下に、 j 財を生産する企業の行動を定式化する。まず、第1段階においては、生産関数を以下のようにLeontief型で定式化する。

$$Q_j^i = \min \left(\frac{VA_j^i(l_j^i, k_j^i)}{a_{0j}^i}, \frac{x_{1j}^i}{a_{1j}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i}, \dots, \frac{x_{Ij}^i}{a_{Ij}^i} \right) \quad (1)$$

ただし、 Q_j^i ：生産量、 VA_j^i ：付加価値、 x_{jj}^i ：中間投入合成財、 a_{jj}^i ：投入係数、 a_{0j}^i ：付加価値比率
次に、第2段階における付加価値に関する最適

化問題は以下のように生産技術制約下での費用最小化行動として定式化する。ここで、付加価値関数は労働と資本に関して規模に関して収穫一定を仮定したコブダグラス型を仮定している。

$$\begin{aligned} \min w^i l_j^i + r^i k_j^i \\ s.t. VA_j^i = \eta_j^i l_j^{i\alpha_{1j}^i} k_j^{i\alpha_{2j}^i} = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 w^i ：労働賃金率、 r^i ：資本のレント、 l_j^i ：労働投入量、 k_j^i ：資本投入量、 η_j^i ：効率パラメータ、 α_{1j}^i ：生産要素（労働）の分配パラメータ、 α_{2j}^i ：生産要素（資本）の分配パラメータ（ $\alpha_{1j}^i + \alpha_{2j}^i = 1$ ）
上式より、付加価値1単位あたりの条件付生産要素需要 cl_j^i, ck_j^i が得られる。

$$cl_j^i = (\eta_j^i)^{-1} \left(\frac{\alpha_{1j}^i \cdot r^i}{\alpha_{2j}^i \cdot w^i} \right)^{\alpha_{2j}^i} \quad (3.a)$$

$$ck_j^i = (\eta_j^i)^{-1} \left(\frac{\alpha_{2j}^i \cdot w^i}{\alpha_{1j}^i \cdot r^i} \right)^{\alpha_{1j}^i} \quad (3.b)$$

同様に、第2段階における中間投入合成財に関する最適化問題は以下のように中間投入合成財投入制約下の費用最小化行動として定式化する。

$$\min \sum_{j \in I} P_{jj}^i x_{jj}^i \quad (4)$$

$$s.t. x_{jj}^i = \phi_{jj}^i \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{i\sigma} x_{jj}^{i\sigma} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} = 1$$

ただし、 P_{jj}^i ：生産財価格、 x_{jj}^i ：中間投入財、 ϕ_{jj}^i ：効率パラメータ、 δ_{jj}^i ：分配パラメータ、 σ ：代替弾力性パラメータ

上式より、中間投入合成財1単位あたりの中間投入需要 cx_{jj}^i が得られる。

$$cx_{jj}^i = \frac{x_{jj}^i}{x_{jj}^i} = \frac{\delta_{jj}^{i\sigma} (P_{jj}^i)^{-\sigma}}{\phi_{jj}^i \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{i\sigma} P_{jj}^{i\sigma} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}} \quad (5)$$

さらに、企業の生産関数が規模に関して収穫一定であるため、企業の利潤はゼロになり、かつ、企業の提供する生産財の価格は単位生産量あたりの費用（平均費用）に等しい水準になる。すなわち、以下の式が成立する。

$$\begin{aligned} P_j^i &= a_{0j}^i (w^i cl_j^i + r^i ck_j^i) + \\ &\sum_{j \in I} a_{jj}^i (\phi_{jj}^i)^{-1} \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{i\sigma} P_{jj}^{i\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \end{aligned} \quad (6)$$

4. 家計の行動モデル

i 国には代表的な家計が存在し、自国と他国の j 財を消費すると仮定し、下図のような構造の効用関数を仮定する。すなわち、第1段階においては各合成消費財の代替関係を CES 型で表現し、第2段階においては合成消費財の自国製品と他国製品の代替関係を CES 型で表現する。なお、家計は労働と資本を価格に対して非弾力的に供給しているとする。

以下に、世帯の行動を所得制約条件下での効用最大化行動として定式化する。まず、第1段階における最適化行動は以下のように定式化する。

$$V^i = \max. \left(\sum_{j \in J} \gamma_j^i q_j^i \right)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \quad (7)$$

$$s.t. \sum_{j \in J} p_j^i q_j^i = w^i L^i + r^i K^i$$

ただし、 V^i ：間接効用関数、 q_j^i ：合成財消費量、 L^i ：労働供給量、 K^i ：資本供給量、 γ_j^i ：消費の分配パラメータ、 ρ_1 ：消費財の代替弾力性パラメータ、 p_j^i ：合成消費財の価格

上式より、合成消費財の需要関数 q_j^i が得られる。

$$q_j^i = \frac{\gamma_j^i (w^i L^i + r^i K^i)}{(p_j^i)^{\rho_1} \sum_{j \in J} (p_j^i)^{-\rho_1} \gamma_j^i} \quad (8)$$

次に、第2段階では、合成消費財需要関数から各国の需要を求めるため、以下のように合成消費財消費制約下でのサブ効用最大化行動を定式化する。

$$V_j^{ii} = \max. \left(\sum_{i' \in I} \left(\gamma_j^{i'} \right)^{\frac{1}{\rho_2}} \left(q_j^{i'} \right)^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \right)^{\frac{\rho_2}{\rho_2-1}} \quad (9)$$

$$s.t. p_j^i q_j^i = \sum_{i' \in I} P_j^{i'} q_j^{i'}$$

ただし、 V_j^{ii} ：国 i 産業 j の間接効用関数、 $q_j^{i'}$ ：国 i' から国 i への産業 j の合成財消費量、 $\gamma_j^{i'}$ ：国 i' から国 i への産業 j の消費の分配パラメータ、 ρ_2 ：消費地域の代替弾力性パラメータ

上式より、地域ごとの合成消費財の需要量 q_j^{ii} が以下のように求まる。

$$cq_j^{ii} = \frac{q_j^{ii}}{q_j^i} = \frac{\left\{ P_j^{i'} \right\}^{-\rho_2} \gamma_j^{i'} p_j^i}{\sum_{i' \in I} \left\{ P_j^{i'} \right\}^{1-\rho_2} \gamma_j^{i'}} \quad (10)$$

5. 市場均衡条件

企業に対して、規模に関して収穫一定の仮定をおいているため、生産財市場は常に、需要量に応じた供給量が生産される。そのため、財市場における市場均衡条件式は常に成立し、財価格は単位生産量あたりの費用として決定される。そこで、市場均衡条件としては生産要素市場である労働市場と資本市場を考慮すればよい。生産要素市場の需給均衡は、家計の生産要素供給量と企業の生産

要素需要量が等しくなるとし以下のようなになる。なお、これらの生産要素価格のうちで1つをニューメレール財とすることで、全ての価格が相対価格として求めることが可能となる。

$$\sum_j a_{0j}^i c_j^i c_l^i (w^i r^i) = L^i \quad (11.a)$$

$$\sum_j a_{0j}^i c_j^i c_k^i (w^i r^i) = K^i \quad (11.b)$$

6. 災害変数設定

災害の被災状況表現するための変数を以下のように定義する。

① 災害国の生産効率性の低下

被災国の付加価値関数のパラメータを災害状況に応じて低下させる変数を導入する。

$$\eta^i = d\eta_j^i \eta_j^i \quad (12)$$

$d\eta_j^i$ ：被害の生産効率性への影響を表現するパラメータ ($0 \leq d\eta_j^i \leq 1$)

② 被災国の資本ストック量の低下

被災国の資本初期保有量を災害状況に応じて減少させる変数を導入する。

$$K^i = dK^i K^i \quad (13)$$

dK^i ：被害の資本ストック量への影響を表現するパラメータ ($0 \leq dK^i \leq 1$)

③ 被災国の労働初期保有量の低下

被災国の労働初期保有量を災害状況に応じて減少させる変数を導入する。

$$L^i = dL^i L^i \quad (14)$$

dL^i ：被害の労働初期保有量への影響を表現するパラメータ ($0 \leq dL^i \leq 1$)

これら3つの被害変数 $d\eta_j^i$ 、 dK^i 、 dL^i を組み合わせることにより、スマトラ沖地震の経済被害をシミュレーションすることが可能である。しかしながら現時点でどのような組み合わせが妥当かの判断は難しいため、それぞれの被害変数を感度分析的に組み合わせ定量化を実施する。

7. おわりに

紙面の都合上定量化結果は講演時に譲るが、空間的効用一般均衡分析に被害変数を導入することで、災害の経済被害の空間的影響を把握することが可能になる。当然、ここの結果が妥当なものとなるためには被害変数の十分な検証が必要となるが、ある程度の被害額の算定および各国への経済的被害の波及状況を知ることが可能となる。

【参考文献】

小池淳司・上田孝行：大規模地震による経済的被害の空間的把握—空間的応用一般均衡モデルによる計量厚生分析—、防災の経済分析、第8章、劉草書房、2005。